

Estimación de una frontera de costos estocástica para empresas
del sector agua en Asia y Región del Pacífico
Antonio Estache y Martín Rossi
Texto de Discusión N° 4
ISBN 987-519-035-7
(Abril 1999)

CEER
Centro de Estudios Económicos de la Regulación
Instituto de Economía, Universidad Argentina de la Empresa
Chile 1142, 1° piso
(1098) Buenos Aires, Argentina
Teléfono: 54-11-43797693
Fax: 54-11-43797588

(Por favor, mire las últimas páginas de este documento por una lista de los Textos de Discusión y de la Working Paper Series del CEER e información concerniente a suscripciones).

El Centro de Estudios de Economía de la Regulación (CEER), es una organización dedicada al análisis de la regulación de los servicios públicos. El CEER es apoyado financieramente por el Banco Mundial, los Entes Reguladores de Telecomunicaciones y Electricidad de la República Argentina, y la Universidad Argentina de la Empresa (Buenos Aires), donde el CEER tiene su sede.

Autoridades del CEER:

Lic. Enrique Devoto, Vicepresidente Primero Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE)-Dr. Roberto Catalán, Presidente Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), Dr. Antonio Estache, Instituto para el Desarrollo Económico del Banco Mundial (IDE-BM), Dr. César Marzagalli, Rector Universidad Argentina de la Empresa (UADE), Dr. Omar Chisari, Director Instituto de Economía (UADE).

Director Ejecutivo: Dr. Martín Rodríguez Pardina

Investigadores: Lic. Gustavo Ferro, Lic. Martín Rossi.

Ayudante de Investigación: Sr. Christian Ruzzier.

Secretaría: Sra. Graciela Mattaloni.

CEER Serie de Textos de Discusión
Estimación de una frontera de costos estocástica para empresas del sector agua en Asia y
Región del Pacífico
Antonio Estache y Martín Rossi
Texto de Discusión N° 4
(Abril 1999)
JEL N°: C4, L9

Resumen: En este trabajo se estima una frontera de costos estocástica para las empresas del sector agua en el continente Asiático y región del Pacífico, y se calculan las medidas de eficiencia individuales utilizando Mínimos Cuadrados Clásicos Corregidos y Máxima Verosimilitud, suponiendo en ambos casos que la distribución del término de ineficiencia sigue una distribución media normal. Asimismo, se presentan una serie de indicadores de performance alternativos utilizados por el Asian Development Bank (1997) y se los compara con las medidas de eficiencia calculadas a partir de la frontera estocástica. Por último, se analiza el impacto de la propiedad sobre los costos, encontrándose que los costos de las empresas concesionadas son significativamente más bajos.

Abstract: In this paper, we have estimated a sthochastic cost frontier for the firms of the water service in the Asian continent and the Pacific Region, and were calculated the individual efficiency measures, using Classic Least Squares Corrected and Maximum Likelihood, supposing in both cases that the distribution of inefficiency term is normally distributed. We have presented too, a list of performance indicators different than the currently in use by the Asian Development Bank (1997), and we compared them with the efficiency measures calculated with the sthochastic frontier. Finally, we analyzed the impact of ownership on costs, we find costs of concesioned enterprises are significantly less.

Pertenencia profesional de los autores:

Antonio ESTACHE

Instituto de Desarrollo Económico, Banco Mundial, Washington DC, EEUU

Martín A. ROSSI

Centro de Estudios Económicos de Regulación, UADE, Buenos Aires, Argentina

CEER

Centro de Estudios Económicos de la Regulación

Instituto de Economía, Universidad Argentina de la Empresa

Chile 1142, 1° piso

(1098) Buenos Aires, Argentina

Teléfono: 54-1-3797693

Fax: 54-1-3797588

Estimación de una función de costos estocástica para empresas del sector agua en Asia y región del Pacífico

Antonio ESTACHE

Economic Development Institute, World Bank, Washington DC, USA. 1818 H Street (20433).

Martín A. ROSSI

Centro de Estudios Económicos de Regulación, UADE, Bs. As., Argentina. Chile 1142. Primer piso (1098).

1. Introducción

En los últimos años, y con el uso creciente del mecanismo de competencia por comparación (Schleifer, 1985) en la regulación de monopolios regionales, ha crecido el interés por el desarrollo de indicadores de desempeño de las empresas. En líneas generales, los indicadores de performance pueden ser clasificados en dos tipos: indicadores de productividad y estudios de fronteras. Estos últimos, a su vez, pueden dividirse en fronteras de producción o de costos. Las fronteras de producción son relaciones técnicas entre los insumos y productos de las firmas. Las fronteras de costos muestran el costo de la empresa en función del nivel de producto (o productos) y el precio de los insumos.¹ La idea en ambos casos es permitir la inclusión de variables de control de forma tal que las empresas sean efectivamente comparables. Una vez estimada la frontera, la eficiencia de una empresa muestra que tan bien se desempeña esta empresa en relación con la performance de las mejores firmas en la industria, si estas mejores firmas se enfrentaran con las mismas condiciones que la empresa analizada.²

Los indicadores de productividad, por su parte, son relaciones insumo/producto, por ejemplo, número de trabajadores/número de clientes. Estos indicadores, aunque teóricamente inferiores a las fronteras de eficiencia, son utilizados como complemento de los estudios de frontera, o como indicadores sustitutos, en caso de no ser posible la estimación de las fronteras. En general, estos indicadores son presentados conjuntamente

¹ Al momento de elegir entre estimar una función de producción o una función de costos resulta importante tener en cuenta las particularidades del sector. Una característica importante del sector de servicios públicos regulados es que, en general, las empresas se encuentran obligadas a proveer el servicio a las tarifas prefijadas. Es decir, las empresas están obligadas a satisfacer la demanda, no pudiendo escoger el nivel de producto a ofertar. Dado que el producto es exógeno, la empresa regulada maximiza beneficios simplemente minimizando los costos de producir un nivel dado de producto. Bajo estas circunstancias, en principio, la especificación del modelo debería realizarse desde una perspectiva de costos.

² En Chile (sector agua) y España (electricidad) la frontera es calculada sobre la base de conocimientos ingenieriles, en lugar de a la mejor práctica actual.

con indicadores de calidad, de forma tal de poder comparar a las empresas en varias dimensiones.

Lo anterior no implica que las fronteras de eficiencia no sufran de inconvenientes. Muchas veces estos modelos pueden fallar en medir la eficiencia relativa simplemente porque no existen los datos necesarios para poder identificar todas las características de la actividad analizada, volviéndose difícil descomponer la eficiencia (controlable por las firmas) de factores que afectan los costos pero sobre los que las empresas no tienen control (Estache y Burns, 1998). Sin embargo, tanto en la literatura teórica como en la regulación práctica, existe una tendencia creciente hacia el uso de las técnicas de estimación de fronteras.

La estructura del trabajo es la siguiente. En la sección 2 se desarrolla un modelo teórico de los costos. En la sección 3 se analizan estudios previos en el sector agua, mientras que en la sección 4 se presentan las estimaciones de las fronteras de costos estocásticas, incluyéndose en el análisis una variable dummy relacionada con la propiedad. En la sección 5, los resultados de las medidas de eficiencia del enfoque econométrico son comparadas con una serie de indicadores de performance alternativos utilizados por el Asian Development Bank (1997). En la sección 6 se discuten las condiciones de consistencia que las medidas de eficiencia deben cumplir para ser útiles a la autoridad reguladora. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. La función de costos teórica

En el análisis tradicional de costos, el problema enfrentado por la firma consiste en minimizar la función de costos totales sujeto a la restricción de alcanzar un nivel dado de producto. La solución a este problema genera un conjunto de insumos óptimos que dependen del nivel de producto y del precio de los insumos. De manera equivalente es posible estimar la función de costos de la empresa, la que depende únicamente del producto y los precios de los insumos.

La especificación teórica del modelo de costos es la siguiente:

$$C = f(Y, Z, P_L, P_K)$$

donde C es el costo total, Y es el producto (número de clientes), Z es un vector i -dimensional de variables exógenas que permite la comparación entre firmas, P_L es el precio de la mano de obra y P_K es el precio del capital. La forma de la función de costos más utilizada es la Cobb-Douglas³ donde el término de ineficiencia (ϵ) entra en el modelo multiplicativamente (o aditivamente luego de aplicar logaritmos),

³ También puede ser estimada una función translogarítmica, aunque en este caso se ha especificado una función Cobb-Douglas debido a que el tamaño de la muestra no era lo suficientemente grande. Por supuesto, las estimaciones de las medidas de eficiencia en parte dependerán del grado en el que la función elegida sea la correcta.

$$C = A P_L^{\beta_1} P_k^{\beta_2} Y^{\gamma_0} \prod_i Z_i^{\gamma_i} \exp^{\varepsilon}$$

Aplicando logaritmos naturales a ambos lados de la igualdad,

$$c = \alpha + \beta_1 p_1 + \beta_k p_{2k} + \gamma_0 y + \sum_i \gamma_i z_i + \varepsilon \quad (1)$$

donde α ($\ln A$), β_i , γ_i son parámetros, c es $\ln(C)$, p_1 es $\ln(P_L)$, p_k es $\ln(P_k)$, y es $\ln(Y)$, z_i es $\ln(Z_i)$ y ε es el término de error.

La parte sistemática del modelo determina el costo mínimo que se puede alcanzar con un determinado conjunto de insumos y variables ambientales, y es lo que se conoce como la frontera. Conceptualmente, la función de costos mínimos define una frontera que envuelve a los costos técnicamente posibles asociados con distintos montos de insumos y diferentes características ambientales. El término de error (ε) es descompuesto en dos términos

$$\varepsilon_i = u_i + v_i$$

donde $u_i \geq 0$ y v_i no se encuentra restringido. Los v_i captan los efectos del ruido estadístico y se suponen iid (independientes e idénticamente distribuidos) como una $N(0, \sigma_v^2)$. El componente de error u_i representa la ineficiencia de costos y se supone distribuido independientemente de v_i y los regresores. Varias distribuciones han sido propuestas para el término de ineficiencia: media-normal (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977), normal truncada (Stevenson, 1980), Gamma (Green, 1990) y exponencial (Meeusen y van den Broeck, 1977). La distribución más utilizada en los trabajos empíricos, y la que se utilizará en este trabajo, es la media-normal. Esta distribución impone que la mayor parte de las firmas sean casi completamente eficientes. Sin embargo, no hay ninguna razón teórica que impida que la ineficiencia se distribuya simétricamente, como v_i .

La estimación de la frontera estocástica requiere correr (1) con Mínimos Cuadrados Clásicos (MCC), lo cual brinda estimaciones consistentes de los parámetros de pendiente. La ordenada de origen debe ser modificada restándole la media de u . En el caso de la distribución media-normal,

$$E(u) = \sigma_u(2/\pi)^{1/2}.$$

El componente de ineficiencia no puede ser observado directamente, pero puede ser inferido a partir del término compuesto de error, ε_i . Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982) presentan una forma explícita para descomponer el término de error cuando el término u_i se distribuye como una media-normal. Tanto el valor esperado (E) como el modo (M) de la distribución del término de ineficiencia condicional al término compuesto de error pueden ser utilizados como una estimación de u_i .

$$E(u_i/\varepsilon_i) = \sigma\lambda/(1+\lambda^2) \{ \varphi(\varepsilon_i\lambda/\sigma)/\Phi(-\varepsilon_i\lambda/\sigma) - \varepsilon_i\lambda/\sigma \},$$

$$M(u_i/\varepsilon_i) = \varepsilon_i (\sigma_u^2/\sigma^2), \text{ si } \varepsilon_i \geq 0,$$

$$M(u_i/\varepsilon_i) = 0, \text{ si } \varepsilon_i < 0,$$

donde $\sigma = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2}$, $\lambda = \sigma_u/\sigma_v$, $\varphi(\cdot)$ es la función de densidad probabilística de la distribución normal estandarizada, y $\Phi(\cdot)$ es la función de densidad acumulada de la distribución normal estandarizada. Los parámetros σ_v y σ_u pueden ser calculados a partir de los momentos de MCC. La eficiencia viene dada simplemente por:

$$\text{Eficiencia} = \exp(-u_i)$$

El ranking de las empresas obtenido utilizando este procedimiento (denominado Mínimos Cuadrados Clásicos Modificados, MCCM) siempre será el mismo que el de los residuos de la función de costos, ya que la media o modo condicional a la estimación del residuo ε_i crece siempre con el tamaño del residuo.

Vale la pena resaltar algunos aspectos relacionados con la distribución media normal. Por construcción, la distribución del término ε es asimétrica y no normal, pudiéndose caracterizar la asimetría con el parámetro λ . Cuanto mayor sea λ , más pronunciada será la asimetría. En las aplicaciones empíricas los residuos de la regresión deben ser chequeados para ver si la *skewness* es positiva. Si los residuos poseen la asimetría en la dirección opuesta, entonces el estimador máximo verosímil es el estimador de MCC y $\sigma_u^2=0$. Esto implicaría que todas las firmas están operando en su frontera (son 100% eficientes), lo cual podría estar mostrando en realidad que los datos son inconsistentes con la frontera estocástica especificada (Waldman, 1982).

Existe un segundo procedimiento de estimación de fronteras estocásticas consistente en estimar los parámetros de la función de costos directamente con MV y luego utilizar la fórmula de descomposición del término de error presentada arriba. La ventaja de utilizar MV es que este método tiene en cuenta la distribución asimétrica del término de error para estimar los coeficientes tecnológicos.⁴

3. La frontera empírica

En la práctica, los costos de las empresas de servicios públicos regulados dependen de una variedad de factores, además del nivel de producto y los precios de los insumos. En esta sección se describen algunos trabajos previos realizados en el sector.

Stewart (1993), en un trabajo realizado para la OFWAT, estima una función de costos para el sector agua en el Reino Unido. Stewart describe las tres etapas en las que se divide la

⁴ Olson, Schmidt y Waldman (1980) utilizaron el método de Monte Carlo para examinar las ventajas relativas de estos dos métodos de estimación. MV resulta más eficiente que MCCM cuando la muestra es mayor que 400 (aunque MCCM es superior en la estimación de los parámetros de pendiente), mientras que MCCM tiene ventajas sobre MV cuando la muestra es menor que 200.



actividad: la extracción de agua de las fuentes naturales, el tratamiento del agua bruta, y la distribución del agua tratada. Los gastos operativos reflejarán los costos asociados con cada una de estas etapas. En general, existen tres componentes de los costos: los costos operativos, el mantenimiento del capital y el retorno del capital. De estos tres elementos, Stewart considera sólo al primero. De esta manera, la variable a explicar en el modelo es el costo total operativo, mientras que las variables que son consideradas como posibles variables explicativas son: el tamaño de la red de distribución, el volumen de agua vendida (son las dos variables explicativas principales), el volumen de agua puesta en la red de distribución, el número de propiedades aranceladas y el volumen de agua vendida a usuarios no residenciales. Además de estos determinantes de costos, Stewart considera también algunas variables ambientales. Para identificar a estas últimas es conveniente analizar en detalle cada una de las etapas del servicio de agua. El agua bruta es extraída de dos tipos de fuentes: de las napas subterráneas y de la superficie. La importancia de esta distinción radica en el tratamiento que se le debe realizar al agua: el agua subterránea muchas veces (aunque no siempre) requiere menos tratamiento que el agua obtenida en la superficie. Más aun, los gastos en la etapa de tratamiento van a depender del tipo de tratamiento utilizado. Estas diferencias son consideradas en el trabajo de Stewart como variables de control, además de variables tales como la relación entre la demanda pico y la demanda promedio y el porcentaje de cañerías que requerirán renovación antes del año 2010.

La frontera estimada por Stewart para el período 1992-93 es la siguiente:

$$\ln \text{COSTOS} = 3.34 (0.39) + 0.57 (0.08) \ln \text{VENTAS} + 0.38 (0.08) \ln \text{RED} - 0.62 (0.27) \text{ESTRUC} + 0.13 (0.06) \ln \text{BOMBEO}$$

donde $\ln \text{COSTOS}$ es el Logaritmo natural de los gastos totales operativos del sector agua, en miles de Libras esterlinas, $\ln \text{VENTAS}$ es el Logaritmo natural del volumen de agua vendida, en MI/d, $\ln \text{RED}$ es el Logaritmo natural de la longitud total de la red, en Km, ESTRUC es el volumen de agua vendida (medida) a clientes no residenciales/Volumen total de agua vendida, BOMBEO es el bombeo promedio.⁵ La unidad de medida MI/d denota megalitros por día (1,000,000 de litros por día). Entre paréntesis se presentan los desvíos estándar. Todas las variables son significativas al 90% y el R^2 de la regresión resultó muy alto (0.99).

En un trabajo también realizado para OFWAT, Price (1993) estima el siguiente modelo:

$$\text{AVOPEX} = 17.4 + 1.8 \text{WSZ} + 10.3 \text{TT} + 0.1 \text{PH} - 1.9 \text{BHSZ} - 12.1 \text{MNHH} + 21.4 \text{BHDIS}$$

donde AVOPEX son gastos operativos por unidad de agua distribuida (peniques/m³), WSZ es la proporción del agua sujeta a un tratamiento más complejo que la simple desinfección y que se deriva de obras de tratamiento cuyo producto diario es menor a 25 MI/d, TT es la

⁵ La variable bombeo promedio es definida de la siguiente forma:

$$\text{Bombeo promedio} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i \cdot w_{pi}) \cdot d_i$$

donde l_i es carga media anual en el sitio i , en metros, w_{pi} es el volumen de agua bombeada durante el año considerado en el sitio i , d_i es el insumo de distribución, e i es el sitio en el cual se produce el bombeo.

proporción de agua de superficie tratada por métodos más complejos que un simple tratamiento físico, más la proporción de agua subterránea tratada por métodos más complejos que simple desinfección, PH es el bombeo promedio (expresado con respecto a agua entregada), BHSZ es el tamaño promedio de las fuentes de pozos, ponderada por la proporción de agua derivada de esas fuentes, MNHH es la proporción del total de agua distribuida que se proporciona medida a usuarios no residenciales y BHDIS es la proporción de agua que se deriva de pozos y sólo se somete a una simple desinfección. La unidad de medida MI/d denota megalitros por día (1,000,000 de litros por día). El R^2 dio 0.851 y el modelo es robusto por heterocedasticidad.

Crampes et. al (1997), al estimar la función de costos para el sector agua en Brasil, incluyen, entre otras variables explicativas, el volumen de agua producida (un parámetro de tamaño), la relación entre el volumen de agua facturada y el volumen de agua producida (una *proxy* de las pérdidas comerciales y técnicas) y el número de conexiones por empleado (esta variable fue introducida como una *proxy* del tipo de tecnología utilizada). El problema con esta última variable es que también puede ser considerada una *proxy* de eficiencia. La inclusión de un indicador de eficiencia dentro de la formulación puede ser justificada si se desea estimar una función de costos (como es el caso del trabajo citado), pero no si lo que se desea estimar es la eficiencia de las empresas. Si así fuera, las medidas de eficiencia derivadas del modelo estarían controladas por la eficiencia de los empleados, lo cual es claramente un problema (no tiene sentido controlar por la variable que se desea estimar).

Los autores estiman dos modelos, con los costos totales y los costos medios como variables explicadas. Las fronteras, estimadas con Mínimos Cuadrado Ponderados, son las siguientes:

$$\text{COSTOS} = 5.599 (8.36) + 0.380 (4.18) \text{ PROD} - 0.01 (-10.0) \text{ PROP1} + 0.590 (8.94) \text{ SALAR} - 0.712 (-3.77) \text{ PROP2} + 0.689 (6.04) \text{ CONE} - 0.004 (-4.0) \text{ PROP3}$$

COSTOS es el costo total, PROD es el volumen de agua producida, PROP1 es la relación entre gastos e ingresos operativos, SALAR es el salario promedio, PPROP2 es la relación entre número de conexiones y empleados. CONE es el número de conexiones y PROP3 es la relación entre el volumen de agua facturada y producida. Entre paréntesis se presentan los estadísticos t. El R^2 de la regresión dio 0.840, y todas las variables son individualmente significativas.

El segundo modelo, donde el volumen de agua producida es utilizada como instrumento, es el siguiente:

$$\text{COSTPROM} = 13.954 (18.15) - 0.674 (-5.57) \text{ PROP4} - 0.01 (-10.0) \text{ PROP1} + 0.598 (8.67) \text{ SALAR} - 0.907 (-5.85) \text{ PROP2} - 0.005 (-5.0) \text{ PROP3}$$

COSTPROM es el costo promedio y PROP4 es la relación entre el volumen de agua producida y el número de conexiones, siendo el R^2 igual a 0.46. En el trabajo se estiman otros modelos, pero los dos presentados aquí son los principales.

4. Datos y estimación

Lamentablemente los problemas no terminan en la elección de las variables a incluir en el modelo. En los enfoques paramétricos, la estimación de una función de costos del tipo Cobb-Douglas o translogarítmica (las más utilizadas en la literatura) requiere la información sobre el precio de todos los insumos, incluido el precio del capital. Sin embargo, esta información es muy difícil de obtener. Este problema es muy común en la literatura y el camino usual es la formulación arbitraria de una función de costos sin incluir en ella al precio del capital (ver Pollit, 1995 o Huettner y Landon, 1977, ambos aplicados al sector de distribución de energía eléctrica, o los trabajos de Stewart, Price y Crampes et. al citados anteriormente).

La frontera de costos de las empresas de agua del continente Asiático fue estimada utilizando datos publicados por el Asian Development Bank (1997). Los datos utilizados corresponden a 50 empresas de servicios públicos en Asia para el año 1995. El conjunto de datos incluye información sobre costos de operación y mantenimiento (COST), número de clientes (CLIEN), producción diaria (PROD), densidad de población en el área servida (DENS), número de conexiones (CONE), porcentaje de agua obtenida en la superficie (ASUP), capacidad de tratamiento (CAPAC), estructura del mercado (ESTR, representada por la relación ventas residenciales y ventas totales, en metros cúbicos), horas de disponibilidad de agua (CALID), personal (PERS), salario (SALAR) y un conjunto de variables cualitativas referidas al tipo de tratamiento utilizado: convencional (DUMCONV, que adopta el valor uno cuando la empresa utiliza tratamientos convencionales o tratamientos convencionales combinados con algún otro tratamiento, y cero en los demás casos), filtros rápidos de arena (DUMFRAP, que adopta el valor uno si la empresa utiliza sólo filtros rápidos de arena), filtros lentos de arena (DUMFLEN, que adopta el valor uno si la empresa sólo utiliza filtros lentos de arena, y cero en los demás casos), cloronización (DUMCLO, 1 si la empresa clorona o clorona juntamente con la utilización de filtros de arena, y cero en los demás casos) y desalinización (DUMDES, hay una única empresa que desaliniza).

Las estadísticas básicas de la base de datos son presentadas en la tabla 1. Los costos se refieren a costos de operación y mantenimiento y se encuentran expresados en miles de US\$. Los clientes se encuentran en miles, al igual que la población, mientras que la capacidad de tratamiento está expresada en miles de metros cúbicos por día. El salario fue calculado como la relación entre los gastos anuales en personal (correspondientes a operación y mantenimiento) y el número de empleados de la empresa.

La estrategia utilizada para estimar el modelo fue la siguiente: en la primera etapa se identifican todas las variables (determinantes de costos y variables de control) que podrían llegar a influir en los costos totales. Luego, se utilizó una estrategia de ir de lo “general a lo específico”. Esta estrategia consiste en sobre-parametrizar el modelo incluyendo la mayor cantidad posible de variables, y luego ir simplificando de la siguiente manera: eliminar secuencialmente la variable menos significativa (siempre y cuando la menos significativa no sea significativa al 10%) reintroduciendo en cada paso las variables eliminadas en pasos

anteriores para comprobar que siguen siendo no significativas (en caso contrario son reintroducidas en el modelo). Al finalizar esta tarea se obtiene un modelo donde todas las variables son estadísticamente significativas y donde, además, todas las variables eliminadas, en caso de ser individualmente reintroducidas, serían no significativas. Las interacciones entre las variables no fueron introducidas como regresores ya que el número de observaciones no es lo suficientemente grande.

Tabla 1

	Muestra	Media	Máximo	Mínimo	Desvío
COST	50	42256	532749	49	92271
CLIEN	50	2453	10595	11	2945
PROD	50	935	4959	2.4	1254
DENS	50	16587	236297	165	33479
CONE	50	416	2099	1.8	548
ASUP	50	0.67	1	0	0.41
CAPAC	44	1168	6190	2.8	1552
PERS	50	3145	25057	15	4275
PBIPC	49	2385	26730	180	5097
SALAR	50	5042	39130	35	8619
CALID	50	18.98	24	4	6.85
ESTR	45	0.42	0.84	0.09	0.16

La primera función a estimar se encuentra en línea con los trabajos de Stewart (1993) y Crampes et. al. (1997), aunque se ha incluido el producto per cápita del país (PBIPC, en US\$) como variable de control.⁶ Además, dado que las normas de calidad pueden diferir entre los países se ha incluido un indicador de calidad: la cantidad de horas en las que se dispone de agua.⁷ En el presente trabajo los objetivos de la estimación empírica son básicamente dos: calcular las medidas de eficiencia individuales de las empresas (y confeccionar un ranking) y analizar la relación entre la propiedad de las empresas y sus niveles de eficiencia. Por lo tanto, en el modelo original se incluyen también variables *dummy* relacionadas con la propiedad (DUMPU, que adopta el valor 1 si la empresa es

⁶ No son muchos los trabajos en los que se comparan empresas de distintos países. Yunos y Hawdon (1997), por ejemplo, comparan la performance de las empresas del sector eléctrico en Malasia con la de otros países en una etapa de desarrollo similar (países de la región con un ingreso *per cápita* comparable). Al realizar comparaciones internacionales surge el inconveniente de tener que comparar unidades monetarias distintas (y muchas veces métodos contables distintos). Una solución a este inconveniente sería estimar fronteras de producción, las cuales requieren solamente de unidades físicas (Yunos y Hawdon estiman una función de producción). Sin embargo, en el caso de empresas reguladas con contratos tales que el producto es exógeno a las firmas, lo correcto es estimar funciones de costos.

⁷ Para monitorear la calidad del servicio provisto por las empresas, OFWAT utiliza una serie de indicadores (OfWAT, 1995): disponibilidad de agua, presión del agua, interrupciones del servicio, restricciones a la utilización de agua, respuestas a quejas por facturas y respuestas a quejas escritas. Por un problema de disponibilidad de información, en este trabajo sólo se utiliza un indicador de cantidad de horas de disponibilidad de agua.

pública y 0 en todos los demás casos, y la variable DUMCON, que adopta el valor 1 si la empresa se encuentra concesionada y 0 en los demás casos).

$$\ln \text{COST} = \alpha + \beta \ln \text{SALAR} + \gamma_0 \ln \text{CLIEN} + \gamma_1 \text{DENS} + \gamma_2 \text{CONE} + \gamma_3 \text{ESTR} + \gamma_4 \text{ASUP} + \gamma_5 \text{CAPAC} + \gamma_6 \text{PROD} + \gamma_7 \text{DUMCONV} + \gamma_8 \text{DUMFRAP} + \gamma_9 \text{DUMFLEN} + \gamma_{10} \text{DUMCLO} + \gamma_{11} \text{DUMDES} + \gamma_{12} \text{CALID} + \gamma_{13} \text{PBIPC} + \gamma_{14} \text{DUMCON} + \gamma_{15} \text{DUMPUB}$$

Un problema con esta especificación es que existe una sola empresa que utiliza un tratamiento de desalinización, y, por lo tanto, no es posible comparar a esta empresa con las demás. Esto es, dado que resulta imposible separar la ineficiencia de la empresa del efecto diferencial del tipo de tratamiento utilizado, la empresa que utiliza el tratamiento de desalinización fue excluida de la muestra. La eficiencia de esta empresa (Malé) fue estimada a partir de la comparación de sus costos actuales con los estimados a partir de la frontera de costos del sector, aunque resultaría conveniente realizar algún análisis adicional para determinar qué parte de su ineficiencia puede deberse a que el tratamiento de desalinización es más costoso que los otros tratamientos.

El modelo final (a partir del cual se calcularon las medidas de eficiencia) es el siguiente:

$$\ln \text{COST} = \alpha + \beta \ln \text{SALAR} + \gamma_0 \ln \text{CLIEN} + \gamma_1 \text{DENS} + \gamma_2 \text{CONE} + \gamma_3 \text{ESTR} + \gamma_4 \text{CALID} + \gamma_5 \text{DUMCON}$$

En la figura 1 se presenta la regresión de MCC. Los signos de los coeficientes son los esperados. La elasticidad del precio de la mano de obra es positiva (0.43). Asimismo, un aumento de la calidad está relacionada con un aumento de los costos, al igual que un aumento en el nivel de producto (clientes o conexiones). La densidad de población posee una elasticidad negativa, denotando que es menos costoso abastecer a la misma población en un menor espacio geográfico. Por último, el signo negativo del coeficiente de la *dummy* concesión muestra que los costos son más bajos en las empresas concesionadas.⁸

Figura 1

$$\ln \text{COST} = -0.56 (0.91) + 0.43 (0.05) \ln \text{SALAR} + 0.72 (0.08) \ln \text{CLIEN} - 0.19 (0.08) \ln \text{DENS} + 0.32 (0.05) \ln \text{CONE} - 0.56 (0.19) \ln \text{ESTR} + 0.32 (0.16) \ln \text{CALID} - 0.82 (0.47) \text{DUMCON}$$

Número de observaciones: 44; $R^2 = 0.947$; $F\text{-Statistic} = 93.70$;
 $\lambda = 2.465$; $\sigma = 0.514$.

Entre paréntesis se presentan los desvíos estándar. Las medidas de eficiencia individuales y los rankings asociados son presentados en la tabla 2.

⁸ El coeficiente de asimetría de los residuos MCC posee el signo correcto (ver sección II).

Tabla 2

Empresa	Eficiencia (MCCC)	Ranking	Eficiencia (MV)	Ranking
Almaty	0.71	28	0.56	26
Apia	0.39	42	0.24	43
Bandung	0.28	44	0.15	44
Bangkok	0.72	27	0.78	14
Beijing	0.69	29	0.66	23
Bishkek	0.98	7	0.97	5
Calcutta	0.81	16	0.63	24
Cebu	0.60	33	0.40	36
Chennai	sd	sd	sd	sd
Chiangmai	0.96	9	0.96	6
Chittagong	0.74	23	0.47	32
Chonburi	0.45	41	0.41	34
Colombo	0.68	30	0.51	28
Davao	0.96	10	0.74	19
Dheli	0.77	19	0.70	21
Dhaka	1.00	1	0.87	10
Faisalabad	0.74	24	0.43	33
Hanoi	0.85	12	0.50	29
Ho Chi Minh	0.65	32	0.47	31
Hong Kong	0.66	31	0.77	15
Honiara	0.58	34	0.36	37
Jakarta	0.35	43	0.24	42
Johor Bahru	0.57	35	0.60	25
Karachi	1.00	1	1.00	1
Kathmandu	sd	sd	sd	sd
Kuala Lumpur	0.83	13	0.87	11
Lae	0.74	25	0.68	22
Lahore	1.00	1	0.97	4
Malé	sd	sd	sd	sd
Mandalay	0.98	26	0.76	3
Manila	0.72	8	0.99	16
Medan	0.48	37	0.33	39
Mumbai	0.47	38	0.31	41
Nuku'alofa	0.76	21	0.48	30
Penang	0.80	18	0.74	18
Phnom Penh	1.00	1	0.86	12
Port Vila	sd	sd	sd	sd
Rarotonga	sd	sd	sd	sd
Seoul	0.81	15	0.81	13
Shangai	0.83	14	0.96	7
Singapore	0.74	22	0.75	17
Suva	0.94	11	0.96	8
Taipei	sd	sd	sd	sd
Tashkent	0.77	20	0.72	20
Thimphu	1.00	1	0.95	9
Tianjin	0.46	40	0.40	35
Ulaanbaatar	0.52	36	0.33	38
Ulsan	1.00	1	1.00	2
Vientiane	0.47	39	0.32	40
Yangon	0.80	17	0.52	27

Las medidas de eficiencia individuales (y los rankings) de Chennai, Kathmandu, Port Vila, Rarotonga y Taipei, no pudieron ser calculadas en esta etapa ya que no se disponía de datos de estructura del mercado. La eficiencia de Malé, por su parte, no se pudo calcular ya que es la única que desaliniza y, por lo tanto, no tiene otras empresas con las cuales ser comparada.

Teniendo en cuenta estas salvedades se estimó la eficiencia de las 6 empresas anteriores. El procedimiento consistió en utilizar la frontera de costos estimada, con MCC, utilizando (para las 5 empresas sin datos de estructura del mercado) la estructura del mercado promedio de toda la muestra. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Empresa	Eficiencia
Chennai	0.57
Kathmandu	0.88
Port Vila	0.32
Rarotonga	1.00
Taipei	0.98
Malé	0.23

Vale insistir que la pobre performance de Malé puede deberse al tratamiento que utiliza.

En la figura 2 se presenta la regresión de MV, mientras que las medidas de eficiencia y el ranking correspondientes se pueden observar en la tabla 2.

Figura 2

$$\ln COST = -2.15 (1.80) + 0.41 (0.09) \ln SALAR + 0.80 (0.14) \ln CLIEN - 0.31 (0.16) \ln DENS + 0.38 (0.09) \ln CONE - 0.75 (0.40) \ln ESTR + 0.40 (0.19) \ln CALID - 0.55 (0.72) DUMCON$$

$$\lambda = 173.51 (24582); \sigma = 1.32 (0.21).$$

5. Otras medidas de performance

En esta sección se realizará una comparación entre algunos indicadores de eficiencia y las fronteras de eficiencia, analizando si los rankings provistos por ambos enfoques son o no consistentes y, además, si las conclusiones en cuanto a la relación entre propiedad y eficiencia se mantienen entre ambas metodologías. La condición de consistencia requiere que las medidas de eficiencia generadas por los distintos enfoques se encuentren positivamente correlacionadas con las medidas de productividad parcial, aunque las correlaciones deben encontrarse bastante lejanas de uno ya que estas últimas no controlan por la presencia de variables ambientales y otros insumos (Bauer et al., 1998).

Para analizar la condición de consistencia se utilizan indicadores estimados por el Asian Development Bank (1997). Se trata de una serie de indicadores para 50 empresas de agua del continente Asiático y región del Pacífico, que incluyen información sobre tarifas (tarifa promedio por metro cúbico, factura mensual promedio, cargo de conexión), medidas de

eficiencia técnicas (pérdidas), características operativas (horas por día en las que se provee el servicio, poder de compra de la población en relación con la tarifa, consumo, subsidios estatales, porcentaje de hogares con medidores, si existen o no canillas públicas, salarios de los directores) y medidas de desempeño (cuentas a cobrar y empleados por cada 1000 conexiones). Cuentas a cobrar (en meses) es un buen indicador de la eficiencia del *management* financiero de las empresas. Como regla general, si las cuentas a cobrar son menores que el equivalente a tres meses de ventas, entonces la situación es manejable.

Tomando como indicadores de performance a Cuentas a cobrar y al número de empleados cada 1000 conexiones, se realizaron dos rankings (uno para cada indicador).

Tabla 4

Empresa	Cuentas a Cobrar	Ranking	Empleados/1000 conexiones	Ranking
Almaty	5.4	34	13.9	33
Apia	s.d.	s.d.	15.8	35
Bandung	1	11	7.7	24
Bangkok	2	22	4.6	12
Beijing	0.1	2	27.2	46
Bishkek	7.7	41	6.9	21
Calcutta	1.5	16	17.1	38
Cebu	1.9	21	9.3	27
Chennai	5.8	36	25.9	45
Chiangmai	1.2	15	2.9	9
Chittagong	10	42	27.7	47
Chonburi	1.6	19	2.6	7
Colombo	3.2	27	7.3	22
Davao	0.5	7	6.2	18
Dheli	4.5	32	21.4	42
Dhaka	11	43	18.5	41
Faisalabad	12	45	25	43
Hanoi	0.1	2	13.3	31
Ho Chi Minh	3.4	2.9	6.4	20
Hong Kong	4	30	2.8	8
Honiara	5.4	34	10.7	29
Jakarta	1	11	5.9	16
Johor Bahru	2.5	25	1.2	4
Karachi	16.8	46	8.4	25
Kathmandu	4.5	32	15	34
Kuala Lumpur	0.5	7	1.1	2
Lae	3	26	17.1	38
Lahore	7	40	5.7	15
Malé	1	11	7.6	23
Mandalay	0.2	6	6.3	19
Manila	6	37	9.8	28
Medan	0.1	2	4.9	13
Mumbai	19.7	47	33.3	48
Nuku'alofa	1.5	16	16	36
Penang	2	22	4.4	11
Phnom Penh	0.9	10	13.5	32
Port Vila	0	1	5	14
Rarotonga	s.d.	s.d.	3.5	10
Seoul	1.5	16	2.3	6
Shangai	11.1	44	6.1	17
Singapore	1.1	14	2	5
Suva	6	37	8.9	26
Taipei	1.7	20	1.1	2
Tashkent	6.3	39	17.9	40
Thimphu	4	30	25.5	44
Tianjin	0.1	2	49.9	49
Ulaanbaatar	2	22	579.2	50

Ulsan	0.5	7	0.8	1
Vientiane	3.3	28	16.1	37
Yangon	s.d.	s.d.	12	30

Para testear la hipótesis nula de que los 3 rankings calculados no se encuentran correlacionados se utilizó el test de correlación de rankings de Spearman. Las correlaciones son presentadas en la tabla 5.

Tabla 5

	Frontera estocástica MCCC	Frontera estocástica MV	Cuentas a cobrar	Empleados cada 1000 conexiones
Frontera estocástica MCCC	1.000	0.861**	-0.205	0.090
Frontera estocástica MV		1.000	-0.172	0.371*
Cuentas a cobrar			1.000	0.332*
Empleados cada 1000 conexiones				1.000

* denota que la correlación es significativamente distinta de cero al 20%, 2 colas.

** denota que la correlación es significativamente distinta de cero al 10%, 2 colas.

La correlación entre los rankings derivados de las dos medidas parciales (Cuentas a cobrar y Empleados cada 1000 conexiones) es positiva y significativamente distinta de cero al 10%. Sin embargo, la correlación del ranking de Cuentas a cobrar es negativo con los dos rankings de fronteras estocásticas denotando que los dos enfoques alternativos (ie, fronteras vs. indicadores parciales) no son consistentes entre sí: las conclusiones de política regulatoria diferirán según el ranking que se elija.⁹ La correlación entre empleados cada 1000 conexiones y los dos rankings de fronteras estocásticas es positivo y significativamente distinto de cero al 10%. Sin embargo, el valor es relativamente bajo. Este es el resultado que se debería esperar de acuerdo a la condición de consistencia externa enunciada en Bauer et al. (1998).¹⁰

⁹ Se podría argumentar que todas las empresas con Cuentas a cobrar menores de 3 meses no pueden ser consideradas ineficientes. Sin embargo, en el caso de ranquear a todas las empresas con cuentas a cobrar menores de 3 meses con un ranking igual a 1, las correlaciones entre los rankings serían similares.

¹⁰ Ver sección 6.

Para analizar la relación entre la performance de la empresa y la propiedad (empresas públicas, empresas concesionadas, empresas donde el sector privado interviene sólo en la producción y empresas donde el sector privado se ocupa sólo del *billing and colection*) se calculó la siguiente matriz de covarianzas:

Tabla 6

	Empresas públicas	Empresas concesionadas	Empresas donde el sector privado interviene sólo en la producción	Empresas donde el sector privado se ocupa sólo de la facturación y cobro
Cuentas a cobrar	0.13 (0.95)	-0.09 (-0.68)	-0.12 (-0.86)	-0.16 (1.15)
Empleados por cada 1000 conexiones	0.19 (1.34)	-0.04 (-0.34)	-0.086 (-0.59)	-0.08 (-0.61)

Los estadísticos t correspondientes a la hipótesis nula de correlación igual a cero se encuentran entre paréntesis.

Como se puede observar en la tabla 6, los signos de los coeficientes de correlación avalan la hipótesis de que el sector privado es más eficiente que el sector público, ya que en todos los casos en que hay intervención privada la correlación con los indicadores de ineficiencia son negativos (recuérdese que cuanto mayor sean las Cuentas a cobrar, mayor será la ineficiencia de la empresa, y cuanto mayor sea el indicador empleados por cada 1000 conexiones, mayor será también la ineficiencia de la empresa). Sin embargo, en ningún caso se puede rechazar la hipótesis nula de correlación cero (con un nivel de significatividad del 10%, 2 colas).

Vale la pena resaltar que estos resultados son consistentes con lo obtenidos con la estimación de la frontera de costos. Esto es, parecería existir evidencia robusta en favor de la hipótesis de que las empresas operadas por el sector privado tienen costos más bajos.

6. Condiciones de consistencia

Hasta aquí se han presentado dos grandes metodologías para analizar el desempeño de las empresas: indicadores parciales de productividad y estudios de fronteras. Se ha afirmado que estas últimas representan un método más completo y objetivo para el cálculo de las performances individuales de las empresas. Sin embargo, y a pesar del esfuerzo de los investigadores, no existe consenso acerca del mejor método o conjunto de métodos para medir la frontera eficiente, y la elección del método puede afectar las decisiones de política regulatoria derivadas de este tipo de análisis.

Un problema al que se enfrentan los reguladores que desean aplicar empíricamente los estudios de fronteras radica en la cantidad de métodos que existen para estimar las medidas de eficiencia individuales de las firmas. El problema es aun más grave si los distintos enfoques revelan resultados inconsistentes entre sí. La pregunta surge por sí sola: ¿son empíricamente útiles los estudios de eficiencia?

Intentando contestar esta pregunta, Bauer et. al. (1998) proponen un conjunto de condiciones de consistencia que las medidas de eficiencia derivadas de los diferentes enfoques deben cumplir para ser útiles a las autoridades regulatorias. Estas estimaciones deben ser consistentes en sus niveles de eficiencia, rankings e identificación de las mejores y peores empresas, deben ser consistentes a través del tiempo y con las condiciones en las que se desenvuelve la industria, y consistentes con otras medidas de performance utilizadas por los reguladores. Específicamente, las condiciones de consistencia son:

- Las medidas de eficiencia generadas por los diferentes enfoques deben tener medias y desvíos estándar similares;
- Los diferentes enfoques deben ordenar a las empresas en un orden similar;
- Los diferentes enfoques deben identificar, en general, a las mismas empresas como las “mejores” o “peores”;
- Las medidas de eficiencia individuales deben ser relativamente estables a través del tiempo, esto es, no deben variar significativamente de un año al otro;
- Las distintas medidas deben ser razonablemente consistentes con los resultados que se esperan de acuerdo a las condiciones en la que se desenvuelve la industria. En el caso particular de las empresas reguladas, por ejemplo, se espera que las empresas reguladas con un mecanismo de precios máximos sean más eficientes que aquellas reguladas con un mecanismo de tasa de ganancia; y
- Las medidas de eficiencia deben ser razonablemente consistentes con otras medidas de desempeño utilizadas por los reguladores.

En líneas generales, las tres primeras medidas muestran el grado en el cual los diferentes enfoques son mutuamente consistentes, mientras que las restantes condiciones muestran el grado en el cual las medidas de eficiencia generadas por los distintos enfoques son consistentes con la realidad. Esto es, las últimas tres condiciones serían un “criterio externo” para evaluar a los distintos enfoques.

6.1. Aplicación de las medidas de eficiencia

En el caso de que se cumplan algunas de las condiciones de consistencia, las fronteras pueden ser herramientas útiles para las autoridades reguladoras. En esta sección el objetivo es discutir cómo aplicar las medidas de eficiencia, luego de describir brevemente los mecanismos más utilizados en la práctica regulatoria.

Los mecanismos de regulación más utilizados son regulación por tasa de ganancia y precios máximos. El primero de estos mecanismos es utilizado en los EEUU para regular a la mayor parte de los servicios públicos (Japón también utiliza un mecanismo de este tipo en

la regulación del sector de telecomunicaciones), mientras que el mecanismo de precios máximos es utilizado en Gran Bretaña, Australia, Puerto Rico, Singapur y Argentina, entre otros países. En principio, la regulación por tasa de ganancia no provee incentivos a las firmas para reducir sus costos, ya que cualquier reducción en los mismos es automáticamente pasado a los consumidores a través de una caída en los precios. En parte este problema se vería amortiguado en caso de existir un rezago regulatorio (la empresa podría apropiarse de sus ahorros de costos durante el período de rezago).

El mecanismo de precios máximos, por su parte, le brinda a las empresas el máximo incentivo a reducir sus costos, ya que una caída en los mismos se ve reflejada en un aumento de los beneficios. En la práctica, los precios máximos son renegociados periódicamente, usualmente cada cinco años, de manera tal de pasar a los consumidores (vía una disminución de los precios) las ganancias de eficiencia obtenidas por las empresas. En general, el mecanismo de precios máximos se emplea juntamente con un sistema de RPI-X o RPI-X+K, por el cual el regulador permite que dentro del período de vigencia de los precios máximos, estos se incrementen de acuerdo a la evolución de un índice de precios reales (RPI), menos un factor de eficiencia (X) que representa las reducciones de costos que se espera la empresa puede lograr, más un factor K, que será mayor cuanto mayores sean las inversiones de infraestructura que la empresa esté obligada a realizar.

Una de las tareas centrales de las autoridades reguladoras es determinar el factor X. Como se ha señalado, el gran mérito de un mecanismo de precios máximos y RPI-X sobre regulación por tasa de ganancia es que sólo el primero preserva los incentivos a disminuir costos. Sin embargo, si el factor X a ser aplicado a una firma individual es calculado sobre la base de los aumentos de productividad logrados por la misma firma en el pasado, la empresa puede perder incentivos a lograr nuevos aumentos en su eficiencia, ya que sabrá que sus logros actuales serán utilizados como una presión extra en el futuro.

Un procedimiento alternativo consiste en determinar el factor X a partir de factores sobre los cuales la firma no pueda ejercer influencia estratégica. Sin embargo, si el regulador ignora por completo los costos pasados de la firma y basa el factor X en, por ejemplo, el aumento de la productividad en un sector relacionado de la economía, entonces se podría crear una inestabilidad perjudicial para la empresa.

Parte de estos problemas pueden ser solucionados utilizando mecanismos de competencia por comparación. La competencia por comparación propuesta originalmente por Schleifer, se refiere a fijar los precios máximos de la industria a partir del desempeño de la industria en su conjunto. Por ejemplo, el precio máximo puede basarse en el costo unitario medio de la industria, en lugar del costo unitario de la propia firma, lo cual provee incentivos a cada firma a tener costos unitarios por debajo de la media.

En este contexto, las medidas de eficiencia pueden ser utilizadas como un insumo tanto en un mecanismo de precios máximos como en uno de regulación por tasa de ganancia.

Una forma de aplicar las medidas de eficiencia cuando la regulación es por precios máximos y RPI-X, es a través del factor X de eficiencia. Este factor refleja las disminuciones de precios que se pueden esperar por ganancias de eficiencia que la empresa puede realizar durante la vigencia de los precios máximos. Estas ganancias son básicamente de dos tipos: ganancias derivadas del movimiento de la frontera y ganancias de eficiencia por *catching up*. El primero de estos términos debe ser incluido en el factor X de todas las empresas del sector. Esto es, si se espera que la productividad del sector crezca a una tasa del 1% anual, todas las empresas van a tener incorporada esta tasa dentro de sus factores X. Sin embargo, las empresas que no se encuentren sobre la frontera, además de aumentar su productividad un 1%, pueden disminuir sus costos y aumentar su eficiencia en una magnitud igual a su ineficiencia actual. Si una empresa es, por ejemplo, 5% ineficiente, se puede esperar que dicha empresa pueda disminuir sus costos un 5% más que lo que pueden disminuirlo las empresas sobre la frontera durante el período de vigencia del *price cap*. En este caso el factor X sería igual a 1% más la tasa anual equivalente. Este mecanismo le permite a las empresas ineficientes obtener una tasa de ganancia similar a las eficientes siempre y cuando logren volverse eficientes antes de la finalización del período de vigencia de los precios máximos.

En este trabajo se propone un mecanismo alternativo al anterior consistente en una utilización más estricta de los indicadores de eficiencia. Los índices de eficiencia, por construcción, son números entre cero y uno, uno denotando que la empresa es totalmente eficiente y cero que es absolutamente ineficiente. Si una empresa, por ejemplo, posee un índice de eficiencia igual a 0.80, ello quiere decir que la empresa podría producir la misma cantidad de producto con un 80% de sus costos actuales. Si ello es así, el precio (máximo) necesario para que la empresa pueda cubrir sus costos podría ser calculado no a partir del costo actual de la empresa, sino a partir del costo actual multiplicado por el índice de eficiencia. Siguiendo este procedimiento, las empresas 100% eficientes tendrían precios máximos que les permitirían obtener su costo de oportunidad del capital, aunque aquellas firmas con índices de eficiencia menores a la unidad deberían operar con tasas de ganancias más bajas.

Un ejemplo sencillo sirve para aclarar el punto. Supóngase que en una industria regulada por precios máximos se ha reconocido un costo de capital igual a r , siendo el capital de una firma igual a K . Si se estima la firma va a vender una unidad de producto, siendo C sus costos unitarios actuales, el precio P que se le reconocería a la firma, en caso de utilizarse los propios costos de la empresa, sería:

$$P = r \cdot K + C$$

Con el ajuste propuesto, siendo α el índice de eficiencia de la firma, el nuevo precio NP que se le reconocería a la firma sería:

$$NP = r \cdot K + \alpha C$$

Este mecanismo, a diferencia del anterior, le disminuye automáticamente a la firma ineficiente la tasa de ganancia, y si la firma desea obtener la tasa de ganancia estipulada para la industria, entonces debe disminuir sus costos hasta volverse eficiente.

Los dos mecanismos difieren básicamente en los derechos que se le atribuyen a las empresas: si las firmas tienen derecho en la actualidad a ser ineficientes (por ejemplo, por haber heredado una empresa ineficiente), lo apropiado sería aplicar el primero de los mecanismos. En este caso se le estaría permitiendo a la empresa ser ineficiente hoy (no se le afecta la tasa de ganancia actual) aunque se la obliga a volverse eficiente (en un determinado plazo) si es que desea mantener la rentabilidad corriente. En cambio, el segundo mecanismo supone que la empresa no tiene derecho a ser ineficiente hoy, y, por lo tanto, sólo va a poder obtener la tasa de ganancia estipulada para la industria siempre y cuando se vuelva eficiente (su tasa de ganancia actual automáticamente pasa a ser menor que la obtenida por las empresas eficientes).

Independientemente de cual sea el mecanismo utilizado, ambos se encuentran en concordancia con los marcos regulatorios en el que se desenvuelven muchas de las empresas de servicios públicos regulados. En la Argentina, por ejemplo, el marco regulatorio del sector eléctrico establece que sólo las empresas que operen eficientemente tendrán derecho a obtener una tasa de rentabilidad similar a la de otras actividades de riesgo comparable nacional o internacionalmente. Un marco regulatorio similar es enfrentado por las empresas del sector gas. Otro ejemplo en el mismo sentido puede encontrarse en el sector de provisión de agua en Gran Bretaña. En un informe elaborado por OFWAT (1994, a) se establece que “Esto no implica que las compañías vayan a tener garantizada la continuidad de sus retornos actuales. Bajo una regulación por precios máximos, las firmas sólo podrán mantener su rentabilidad si reducen sus costos operativos ..”. Y agrega, “el Directorio se concentrará en establecer un marco que permita a las compañías eficientes obtener un retorno del capital razonable”. Finaliza diciendo que “Su trabajo es el asegurar la viabilidad de las empresas de agua eficientes, no el salvaguardar sus flujos de caja”.

La aplicación de los mecanismos anteriores requiere que se cumplan, como mínimo, las dos primeras condiciones de consistencia (las estimaciones de los distintos enfoques deben ser consistentes en cuanto a sus niveles de eficiencia y rankings). En el caso que estas condiciones de consistencia no se cumplan, no sería posible aplicar ninguno de los dos mecanismos propuestos, simplemente porque no serían confiables las medidas de eficiencia individuales. Sin embargo, en caso de cumplirse la condición de consistencia número tres (que las estimaciones sean consistentes en cuanto a la identificación de las mejores y peores empresas), aun sería posible utilizar un tercer mecanismo: publicar los resultados. Este mecanismo es utilizado en Gran Bretaña para regular a las empresas de agua y electricidad. El objetivo es que los consumidores utilicen la información publicada para comparar los precios y servicios ofrecidos por su operador local con los de las demás regiones, y presionen al operador local para que iguale su performance con las de las otras empresas.

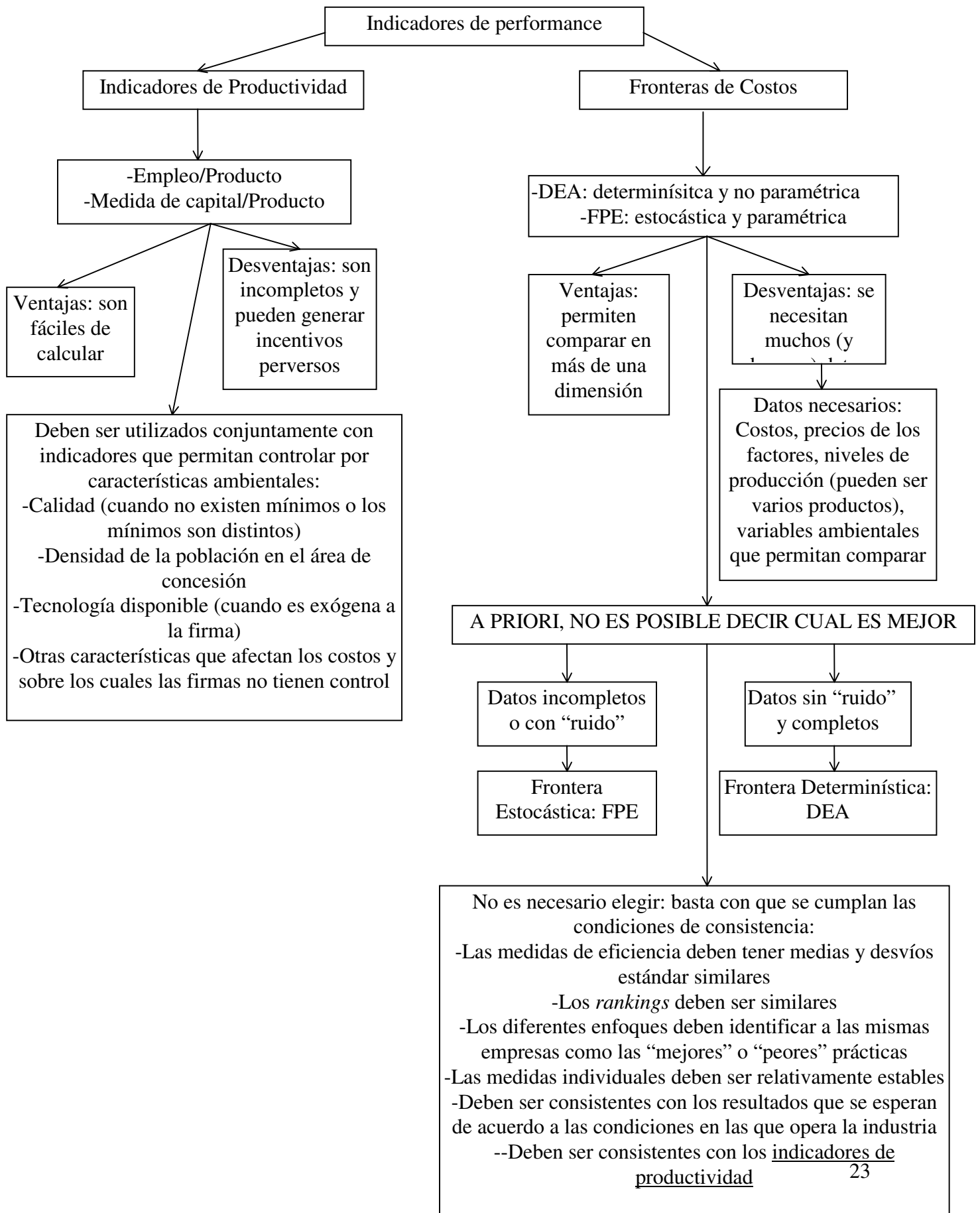
Un cuarto mecanismo que no requiere que se cumpla ninguna de las condiciones de consistencia es descrito por London Economics. El procedimiento consiste en estimar estadísticamente una función de costos (promedio, para distinguirla de las fronteras):

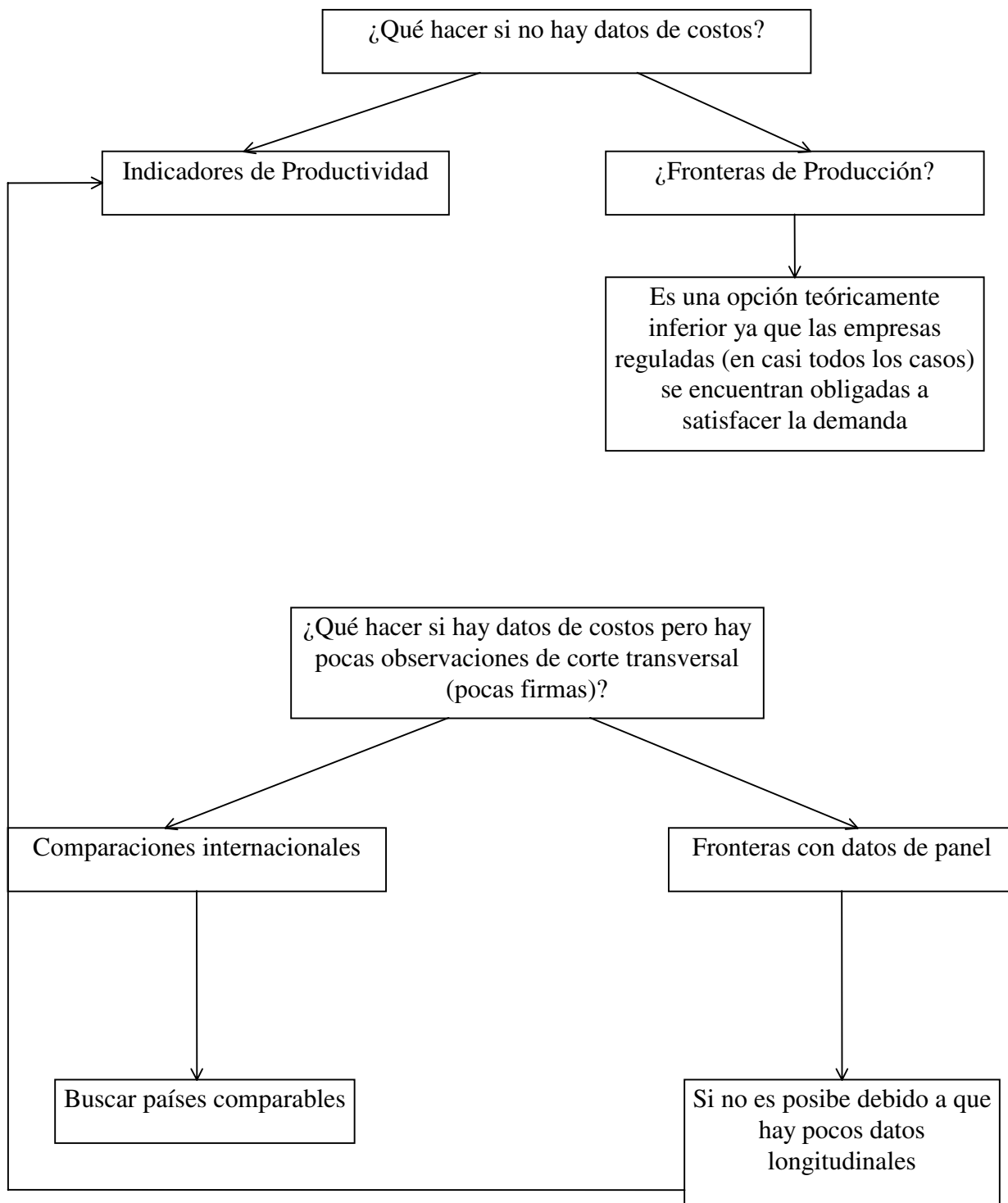
$$C = m_0 + m_i Z_i$$

donde los parámetros m_i miden la sensibilidad de los costos (C) a las variables Z_i . Luego, los precios regulados son fijados de acuerdo a los costos estimados. La diferencia con el segundo de los mecanismos presentados es que ahora se le reconoce a la empresa el costo promedio de la industria, en lugar de los costos de las empresas sobre la frontera.

Otros mecanismos pueden ser creados como variantes de los mecanismos anteriores. Por ejemplo, la idea de considerar costos promedios en lugar de costos mínimos es utilizada para fijar el factor X en el sector eléctrico en Gran Bretaña (CIE, 1994). OFWAT, por su parte, teniendo en cuenta que las diferencias entre los costos (mínimos) estimados por la frontera y los costos actuales no pueden ser atribuidos enteramente a ineficiencias (ya sea porque el modelo puede estar omitiendo variables importantes o porque pueden haber errores en las mediciones), atribuyen la mitad de la diferencia entre los costos actuales y estimados a ineficiencias, y fija los gastos operativos esperados en concordancia. El regulador estima reducciones de costo (para el sector en su conjunto) del orden del 2% anual entre el año 1995 y el 2000, y del 1% después del 2000, pero las firmas menos eficientes se supone que serán capaces de lograr mayores incrementos en la eficiencia (CRI, 1995). En palabras del regulador, “el elemento específico de las compañías en cuanto a las reducciones posibles de costos hasta el año 2000 traerán a la mayor parte de las firmas como la mitad de camino entre sus niveles actuales de costos y los costos de las empresas más eficientes. Este enfoque tiene en cuenta la incertidumbre relacionadas con la identificación de la frontera eficiente, y está además diseñado para dejarles a todas las empresas incentivos a alcanzar ahorros adicionales a aquellos reflejados en los límites de precios” (OFWAT, 1994, b).

En las siguientes carillas se presentan dos diagramas que sintetizan lo expuesto hasta el momento. En dichos diagramas se intenta mostrar los indicadores que se podrían utilizar según los datos y la calidad de los datos que se disponga.





VII. Conclusiones

Los resultados presentados en este trabajo enfatizan las ventajas de utilizar fronteras de eficiencia en el proceso de competencia por comparación. Esta metodología permite controlar por factores sobre los cuales las firmas no tienen control (diversidad de las fuentes del agua, diversidad de la calidad del agua, características de los consumidores, entre otros). Por ejemplo, Dhaka aparece ranqueada en el primer lugar si se considera la frontera estocástica estimada por MCCC, quedando en los puestos 11 y 41 si se utilizan las cuentas a cobrar o empleados cada 1000 conexiones, respectivamente.

Un segundo aspecto que se analiza en el trabajo es el impacto de la propiedad sobre la eficiencia de las empresas. Ambos modelos, MCC y MV, muestran un coeficiente asociado con la variable concesión con signo negativo (y estadísticamente distinto de cero en el caso de MCC), denotando que las empresas concesionarias son más eficientes. En términos de dinero, las ganancias monetarias totales en la región, en caso de ser todas las empresas concesionarias, sería de aproximadamente 85 millones de dólares por año. Esto es, las ganancias por cada nueva concesión que se realice redundaría, en promedio, en una ganancia de un millón ochocientos mil dólares anuales.

REFERENCIAS

Aigner, D., Lovell, C. y Schmidt, P. 1977. "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models." *Journal of Econometrics*, Vol. 6: 21-37.

Asian Development Bank. 1997. *Second water utilities data book: Asian and Pacific region*, editado por A. McIntosh, y C. Yñiguez. National Library of the Philippines.

Bauer, P., Berger, A., Ferrier, G. y Humphrey, D. 1998. "Consistency conditions for regulatory analysis of financial institutions: a comparison of frontier efficiency methods." *Journal of Economics and Business*, 50: 85-114.

CIE. 1994. "The use of benchmarking in the management of utility and infrastructure services". Centre for International Economics, Draft Report, Canberra.

Crampes, C., Diette, N. y Estache, A. 1997. "What could regulators learn from yardstick competition? Lessons for Brazil's water and sanitation sector." Mimeo, The world Bank.

CRI 1995. "Yardstick competition in UK regulatory processes." Centre for Regulated Industries, The World Bank, Junio.

Greene, W. 1990. "A gamma-distributed stochastic frontier model." *Journal of Econometrics*, 46: 141-163.

Huettner, D. y Landon, J. 1977. "Electric utilities: scale economies and diseconomies". *Southern Economic Journal*, 44: 883-912.

Jondrow, J., Lovell, C., Materov, I. y Schmidt, P. 1982. "On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model". *Journal of Econometrics*, 19: 233-238.

Meeusen, W. y van de Broeck, J. 1977. "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error." *International Economic Review*, Vol. 8: 435-484.

OFWAT. 1994, a. *Setting price limits for water and sewerage services*, Office of Water Services, Birmingham.

OFWAT. 1994,b. *Future charge for water and sewerage services: the outcome of the periodic review*, Office of Water Services, Birmingham.

OFWAT. 1995. *1994-95 report on levels of service for the water industry in England and Wales*. Office of Water Services, Birmingham.

Olson, J., Schmidt, P. y Waldman, D. 1980. "A Monte Carlo study of estimators of the stochastic frontier production function." *Journal of Econometrics*, Vol. 13: 67-82.

Pollitt, M. 1995. *Ownership and performance in electric utilities: the international evidence on privatization and efficiency*. Oxford University Press.

Price, J. 1993. "Comparing the cost of water delivered. Initial research into the impact of operating conditions on company costs." *OFWAT Research Paper number 1*, Birmingham, Marzo.

Shleifer, A. 1985. "A theory of yardstick competition." *Rand Journal of Economics*, Vol. 16, No. 3, Autumn: 319-327.

Stevenson, R. 1980. "Likelihood functions for generalised stochastic frontier estimation." *Journal of Econometrics*, Vol. 13: 57-66.

Stewart, M. 1993. "Modelling water costs 1992-93: further research into the impact of operating conditions on company costs." *OFWAT Research Paper Number 2*, Diciembre.

Waldman, D. 1982. "A stationary point for the stochastic frontier likelihood." *Journal of Econometrics*, 28: 275-279.

Yunos, J. y Hawdon, D. 1997. "The efficiency of the national electricity board in Malaysia: an intercountry comparison using DEA." *Energy Economics*, 19: 255-269.

Serie Textos de Discusión CEER

Para solicitar alguno de estos documentos o suscribirse a toda la Serie Textos de Discusión CEER, vea las instrucciones al final de la lista.

<u>Número</u> <u>(mes/año)</u>	<u>Autor(es)</u>	<u>Título</u>	<u>Fecha</u>
1	Laffont, Jean-Jacques	Llevando los principios a la práctica	03/1999
2	Stiglitz, Joseph	The Financial System, Bussiness Cycles and Growth	03/1999
3	Chisari, Omar y Estache, Antonio	The Needs of the Poor in Infrastructure Privatization The Role of Universal Service Obligations. The Case of Argentina	03/1999
4	Estache, Antonio y Martín Rossi	Estimación de una frontera de costos estocástica para empresas del sector agua en Asia y Región del Pacífico	04/1999

CEER Working Paper Series

To order any of these papers, see instructions at the end of the list. To subscribe to all CEER Working Papers see instructions inside the back cover.

<u>Number</u> <u>(mm/yy)</u>	<u>Author(s)</u>	<u>Title</u>	<u>Date</u>
1	Laffont, Jean Jacques	Translating Principle Into Practice	03/1999
2	Stiglitz, Joseph	Promoting Competition in Telecommunications	03/1999
3	Chisari, Omar 03/1999 Estache, Antonio and Romero, Carlos	Winners and Losers from Utility Privatization in Argentina: Lessons from a General Equilibrium Model	
4	Rodríguez Pardina, Martín and Martín Rossi	Efficiency Measures and Regulation: An illustration of the Gas Distribution Sector in Argentina	04/1999



Solicitud de incorporación a la lista de receptores de publicaciones del CEER

Deseo recibir los ejemplares correspondientes a la serie (marque con una cruz la que corresponda), que se publiquen durante 1999:

- | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------------------|
| a) Working Papers Series | (...) impreso | (...) e-mail, formato pdf |
| b) Serie de Textos de Discusión | (...) impreso | (...) e-mail, formato pdf |

Mi nombre es:.....

Ocupación:.....

Domicilio:.....

.....

.....

Firma

Tenga a bien enviar esta solicitud por correo a:

SECRETARIA CEER
Chile 1142, 1° piso
1098 Buenos Aires
Argentina

O por fax, al 54-11-43797588